УДК 681.518.9; 621.384.3

С.С. Анцыферов
Московский государственный технический университет МИРЭА, Россия
Россия, 119454, г. Москва, пр. Вернадского, 78

Оценка уровня качества интеллектуальных систем

S.S. Antsyferov
Moscow State Technical University MIREA, Russia
Russia, 119454, c. Moscow, Vernadsky ave., 78

Estimation of Quality Level of Intellectual Systems

С.С. Анцифєров
Московський державний технічний університет МІРЕА, Росія
Росія, 119454, м. Москва, пр. Вернадського, 78

Оцінка рівня якості інтелектуальних систем

Оценка качества современных образцов ИС проводится путем сравнения с базовыми значениями, в роли которых использованы такие интегральные показатели качества естественного интеллекта как уровень интеллектуальности, быстродействие и надежность. Такая постановка задачи адекватна все более доминирующему взгляду на ИС как когнитивную, т.е. построенную по типу нервной системы человека и обладающую ее возможностями в организации сложного поведения при решении интеллектуальных задач.
Ключевые слова: интегральные показатели качества, естественный, искусственный интеллект, когнитивная ИС, нейрокомпьютер, самоорганизация, нейрологическая ИС, нанотехнология, структура, уровень интеллекта, быстродействие, надежность, биокибернетика.

The estimation of quality of modern samples of intellectual systems is carried out by comparison with basic values as which such integrated indicators of quality of natural intelligence as intellectuality level, processing speed and reliability are used. Such problem definition is adequate to more and more dominating look on intellectual systems as cognitive, i.e. constructed as nervous system of the person and possessing its opportunities in the organization of difficult behavior at the solution of intellectual tasks.
Key words: integrated indicators of quality, natural, artificial intelligence, cognitive intellectual system, neurocomputer, self-organization, neurological intellectual system, nanotechnology, structure, level of intelligence, processing speed, reliability, biological cybernetics.

Оцінка якості сучасних зразків ІС проводиться шляхом порівняння з базовими значеннями, в ролі яких використані такі інтегральні показники якості природного інтелекту, як рівень інтелектуальності, швидкодія і надійність. Така постановка завдання адекватна все більш домінуючому погляду на ІС як когнітивну, тобто побудовану за типом нервової системи людини, і що володіє її можливостями в організації складної поведінки при вирішенні інтелектуальних завдань.
Ключові слова: інтегральні показники якості, природний, штучний інтелект, когнітивна ІС, нейрокомп'ютер, самоорганізація, нейрологічна ІС, нанотехнологія, структура, рівень інтелекту, швидкодія, надійність, біокібернетика.

Введение

Неуклонный прогресс технологии искусственного интеллекта и постепенный переход ее на промышленную основу в условиях бурно развивающихся рыночных отношений и обострения конкуренции на мировых рынках делают актуальной проблему оценки уровня качества интеллектуальных систем (ИС) на всех этапах жизненного

цикла: при проектировании и конструировании, при изготовлении и в процессе эксплуатации. Одной из основных задач исследования качества ИС является синтез. Решение этой задачи должно обеспечить либо усовершенствование уже существующего образца ИС, либо создание принципиально новой ИС, обладающей лучшим качеством. Синтез представляет собой, как правило, итеративный процесс, в котором осуществляется последовательное усовершенствование качества с циклическим повторением ряда этапов, связанных с оценкой уровня качества и принятием решения о соответствии результата требуемому значению. Процедура заканчивается после достижения поставленной цели или прихода к выводу о невозможности получения требуемого качества и необходимости поиска других путей решения задачи. Оценка качества призвана обеспечивать научно-технический уровень разрабатываемых ИС не ниже достигнутого ведущими зарубежными фирмами при полном соответствии требованиям международных, межгосударственных и национальных стандартов. Комплексное решение вопросов качества включает все фазы разработки и совершенствования ИС, подготовку производства, изготовление и эксплуатационное обслуживание на основе эффективной системы обратной связи и планирования качества, учитывающего конъюнктуру рынка.

Согласно стандарту ИСО, под качеством ИС будем понимать совокупность ее свойств или характеристик, обеспечивающих удовлетворение обусловленных или предполагаемых потребностей. Количественная характеристика одного или нескольких свойств ИС, составляющих ее качество применительно к определенным условиям создания и эксплуатации, является показателем качества. Уровень качества ИС является относительной характеристикой, основанной на сравнении совокупности показателей качества ИС с соответствующей совокупностью базовых показателей, характеризующих некоторый базовый образец ИС. Оценка качества ИС не может быть получена без наличия эталона для сравнения, т.е. без базовых значений показателей качества, в роли которых будем использовать интегральные показатели качества естественного интеллекта, такие как уровень интеллектуальности, быстродействие и надежность. Согласно экспертным оценкам специалистов, именно эти показатели приобретают все более решающее значение не только в некоторой перспективе, но и на современном этапе развития технологии искусственного интеллекта. Такая постановка задачи адекватна целому ряду практических потребностей и прежде всего необходимости замены человека функционально превосходящими его возможности интеллектуальными роботами в сложных системах управления, вредного производства, коммуникации, в многопараметрических системах медицинской и технической диагностики, космонавтике и др. Установлено, что нейрон срабатывает в миллион раз медленнее, чем триггер, а скорость передачи информации в мозге в миллион раз меньше, чем в компьютере. Современные несложные компьютерные системы способны запомнить более трех миллионов шахматных партий, что далеко выходит за пределы человеческих возможностей. Многие военные аналитики считают, что человеческие возможности уже неадекватны возможностям технических систем и динамике ведения боевых действий. Так, современные технические возможности позволяют создавать летательные аппараты, выдерживающие ускорение в 15 – 20 g, в то время как предел выносливости человека в два раза меньше. Поэтому огромен интерес к беспилотным летательным аппаратам, оснащенным ИС и способным вести динамичную борьбу в воздухе. В целом, роботизация вооруженных сил является в настоящее время магистральным направлением развития систем вооружений. Согласно планам американского военного ведомства, к 2030 году более трети военных операций армия

должна осуществлять без людей. Особенно перспективными представляются коллективные действия роботов, когда программное и информационное обеспечение проектируется таким образом, чтобы «команда», элементы которой взаимодействуют между собой, решала общую задачу. Интересна инициатива японских ученых, в соответствии с которой к 2050 году должны быть созданы человекоподобные роботы, способные выиграть по человеческим правилам у сборной мира по футболу. Все это лишний раз подчеркивает актуальность проблемы оценки качества ИС.

Цель настоящей работы – оценка базовых интегральных показателей качества и определение перспективных направлений повышения уровня качества создаваемых ИС.

Оценка интегральных показателей качества ИС

В настоящее время все более доминирующим становится взгляд на ИС как на когнитивную, т.е. построенную по типу нервной системы человека и обладающую ее возможностями в организации сложного поведения при решении интеллектуальных задач. Такой взгляд нашел отражение в Указе «Об утверждении приоритетных направлений развития науки и техники в Российской Федерации и перечня критических технологий Российской Федерации». Одним из приоритетных направлений признана «Индустрия наносистем», а в критических технологиях «Нано-, био-, информационные когнитивные технологии». В индустрии когнитивных (интеллектуальных) технологий наблюдаются невиданные темпы роста ассигнований, числа публикаций и международных конференций, происходит интенсивная подготовка кадров, в том числе высшей квалификации, по представлению знаний, компьютерной логике и лингвистике, системному анализу. Особое место в этой индустрии занимает процедура количественной оценки (измерения) показателей (параметров) качества создаваемой продукции в условиях многовариантности, многокритериальности и неопределенности.

Следует выделить два основных направления построения ИС когнитивного типа: символистское и коннективистское. Первое направление привело к созданию когнитивных логических систем, а второе – когнитивных нейронных систем. Рассмотрим эти направления с точки зрения выдвинутых критериев.

Первые практические шаги по созданию символистских интеллектуальных систем были сделаны американскими учеными. В 1962 г. был создан язык функционального программирования LISP, в 1965 г. была разработана первая интеллектуальная система типа GPS на эвристических правилах, использующая принципы логического вывода. В 70-е г.г. официальное развитие получила концепция знаний. В 1971 г. была создана первая экспертная система DENDRAL, в которой использовались знания в форме продукций Поста, а программирование велось на LISP. В 1972 г. был разработан язык логического программирования PROLOG, позволивший быстро создавать действующие прототипы интеллектуальных систем. В 70-е г.г. стало успешно использоваться представление знаний в виде семантических сетей и фреймов, что явилось основой для работы с естественными языками, понятиями и смысловой информацией, сложными сценами, структурированными знаниями. В 80-е г.г. развитие получило объектно-ориентированное программирование. Это позволило создавать ИС со сложными базами знаний, имеющими сетевую структуру, в которой носителем и интерпретатором знаний является объект, объединяющий данные, правила их связывания и процедуры их обработки. Для реализации объектного подхода разрабатываются специальные объектные ЭВМ с огромным числом процессоров и сетевой организацией, например, «Connection Machine». Многолетние исследования показывают, что ИС символист-

ского плана могут быть реализованы только на супер-ЭВМ или специализированных ЭВМ, включающих PROLOG- или LISP-машины. По мере решения ключевых проблем, в последующем все большее внимание стало уделяться сфере системного программирования, разработке пакетов прикладных программ, расширению приложений. В результате возникла гигантская индустрия программного обеспечения (до недавнего времени капитализация таких фирм как Microsoft, Exxon, General Electric оценивалось в триллион долларов, а состояние Билла Гейтса превышало 90 млрд долларов). Пожалуй, наиболее ярким примером такой индустрии может служить совершенно новое направление, развиваемое фирмой Microsoft и получившее название облачных сервисов (cloud computing). Согласно технологии облачных сервисов в распоряжении пользователя находятся монитор, клавиатура и тоненький ящик («тонкий клиент – thin klient»), небольшая коробочка, в которой, кроме разъемов, ничего нет. Вся обработка информации происходит на серверах провайдера. Провайдер же, в свою очередь, может передать все вычислительные полномочия еще выше, вплоть до штаб-квартиры Microsoft. Взаимодействие с облачными сервисами предполагается осуществлять с помощью функционально различающихся, но при этом достаточно простых подключенных устройств. Пользователь будет взаимодействовать с целым рядом таких устройств, причем любое из них можно будет в любой момент легко заменить другим. Облачные технологии, при помощи американских экспертов, разрабатываются также и в Подмосковном Сколково. Огромная роль в этих технологиях отводится искусственному интеллекту. Следует заметить, что постоянная включенность облачных сервисов во все фазы жизни пользователей, целевой аудитории, постоянное воздействие на все контуры мышления позволяет «мыслящей паутине», «верховным магам» держать сотни миллионов человек в полном психологическом управлении. Однако во многих случаях, при решении интеллектуальных задач, формализация процедур оценки ситуаций и выработки решений оказывается довольно сложной. Их практическая реализация, создание детальных инструкций для огромного числа возможных ситуаций, с которыми может встретиться ИС, требует создания сложных, емких программ, которые невозможно отладить даже с помощью какого угодно большого коллектива специалистов. В частности, из-за необходимости строить программные комплексы объемом в миллиарды команд, США отказались от системы полномасштабной ПРО с элементами космического базирования (программа «звездных войн»). По оценкам экспертов для реализации этой программы необходимо более миллиона человеко-лет работы высококвалифицированных программистов. В связи с этим интересно обратить внимание на способность человеческого мозга ориентироваться в незнакомой, ранее не встречавшейся ситуации, управлять движением, принимать быстрые и достаточно точные решения, распознавать образы: двух-трехлетний ребенок легко отличает кошку от собаки в жизни, на картинке, при разном освещении и ракурсе. Для компьютерных программ это нерешенная проблема.

Второе направление связано с созданием нового класса массивно-параллельных ЭВМ-нейрокомпьютеров, способных решать задачи без программирования. Разработка нейронных моделей для работы со структурированными знаниями, например, НЕОКОГНИТРОН, ART-3, способных к самообучению и адаптации к среде, привела к рождению новой парадигмы искусственного интеллекта – когнитивно-нейронной, коннективистской. В основу этой парадигмы положена идея связывания большого количества элементов для построения ассоциативных сетей, позволяющих эффективно накапливать и использовать знания. Методологическим инструментарием при этом служит теоретическая база, построенная на биологических моделях функциониро-

вания нервной системы, в частности, нейронных структур мозга, теории формальных нейронов, динамических моделях нейросетей, методах структурированного представления знаний в ассоциативных сетях с иерархической структурой, методах обучения ассоциативных сетей. Действительно, в последнее время установлен механизм связи реакции целостного организма с взаимодействием отдельных молекул, дано объяснение универсальности многих биологических механизмов. Используя новые методы исследования и инструменты, предстоит определить соответствующие механизмы и для процессов, связанных с восприятием, сознанием, психикой. Исследование нелинейных математических моделей привело к выводу, что восприятие, обучение, мышление и другие функции мозга обусловлены коллективным процессом, приводящим к согласованной работе нейронов. Самоорганизация таких ансамблей является основой функционирования мозга. Успехи аналоговой нейромикроэлектроники, наноинформатики, быстрое развитие технологии СБИС создают хорошие предпосылки для создания нейросетевых аппаратно-программных средств в виде нейро-СБИС цифрового и аналогового типов, нейроплат-сопроцессоров в составе обычных ЭВМ, специализированных и универсальных нейрокомпьютеров.

В последнее время проявляется тенденция к слиянию символистского и коннективистского направлений, т.е. к объединению логической и нейронной когнитивных парадигм и созданию на этой основе символистско-коннективистских ИС (СК-ИС). Фактически это означает все больший переход к аппаратной реализации обучаемых ИС нейрологического типа. Основными преимуществами СК-ИС являются: возможность решения задач без программирования за счет способности к обучению по примерам и самообучению по определенным критериям; объектно-сетевая архитектура, допускающая самоорганизацию; возможность моделирования механизмов мозга на макро- и микроуровнях. Нейросетевой подход будет, по-видимому, решающим при моделировании подсознательных когнитивных процессов. С его помощью проще решаются задачи обучения, самообучения и самоорганизации таких процессов. Универсальный объектно-сетевой подход с применением обучаемых семантических и фреймовых сетевых моделей знаний может быть использован для моделирования высших когнитивных процессов, таких как понимание, рассуждение, интуиция. Тем не менее и в этом случае принятие решений может быть организовано на нейромодулях с ассоциативным выводом, что позволит преодолеть трудности, связанные со сложностью программирования при моделировании высших уровней мышления. Ожидается, что на основе когнитивных нейрологических систем в недалеком будущем будут созданы системы со сложностью поведения, приближающейся к человеческой. Первые образцы роботов-гуманоидов созданы японскими корпорациями SONY и HONDA. Вместе с тем, нельзя не отметить, что развитие нейронных сетей и их приложений сдерживалось отсутствием «удобных» архитектур, в которых легко было бы подстраивать веса связей в зависимости от одновременной активности взаимодействующих нейронов. Действительно, даже самые мощные нейрокомпьютеры несравнимы по своей сложности с нервной системой муравья. Однако стремительное развитие нанотехнологий позволит, по-видимому, использовать накопленный опыт, уже найденные решения и алгоритмы на новом техническом уровне. Один из основных принципов нанотехнологий связан с процессами самоорганизации, т.е. с возможностью коллективных эффектов, обеспечивающих прохождение пути от отдельных атомов до материалов с необыкновенными свойствами (путь «снизу вверх»). Так, за нахождение условий, при которых самоорганизация приводит к желаемому результату, группе американских ученых в 1996 г. была присуждена Нобелевская премия (экспериментальное открытие и технология синтеза

молекулы фуллерена). В настоящее время тысячи исследователей работают над созданием наноассемблера (молекулярного сборщика), аналогичного идее системного программирования, когда существующие программные среды позволяют быстро и эффективно «собирать» программы для решения большого круга поставленных задач. В 2008 году фирма Hewlet-Packard продемонстрировала новый наноэлемент – мемристор, сопротивление которого зависит от заряда, который через него прошел. Создание нейронных сетей на мемристорах откроет совершенно новые возможности в области применения когнитивных нейрологических систем типа СК-ИС.

Отметим наиболее общие признаки СК-ИС. Во-первых, это большое число составляющих элементов и их связность, создающая новые свойства (новое качество) целого, не сводимые к свойствам частей составляющих элементов, но в то же время некоторым образом свойствами частей определяемые. В свою очередь, состав и свойства элементов каким-то образом определяются свойствами целого. Во-вторых, наличие устойчивых структур и взаимодействий между элементами, объединяющих элементы в целое. Так, человеческий мозг, содержащий около 10^{12} нейронов, может быть представлен как пространство состояний с 10^{12} измерениями. Типичная устойчивая структура состоит примерно из 10^8 элементов. В пространстве состояний с 10^8 измерениями и 10 уровнями нейронного возбуждения существует около 10^{10^8} определенных положений, представляющих векторы возбуждения. При наличии порядка 10^5 синаптических соединений (у пирамидальных клеток нейрона их 10^4, у клеток Пуркинье более $15 \cdot 10^4$) между каждым нейроном и другими 10^8 нейронами устойчивой структуры, необходимо различать примерно 10^{13} синапсов. Следовательно, для 10 определенных весов на каждом синапсе только в одной устойчивой структуре существует колоссальное количество весов $10^{10^{13}}$. Такая беспредельная сложность обеспечивает широкие возможности для кодирования, представления и обработки информации. Еще в большей степени возможности мозга определяются числом устойчивых структур (числом связей). Согласно механистическому подходу возможное число связей пропорционально N^2, где N – число связываемых элементов, число нейронов. Однако, в соответствии с когнитивным подходом, реальное число связей $M \approx N \ln N$, т.е. элементы «выбирают» наиболее важные и ценные связи, формируя под действием информационного поля связные совокупности [1-3]. Так, исследования американских ученых по анализу зрительной коры позволили обнаружить важную структурную особенность в организации мозга, – нейроны с одинаковыми функциями сгруппированы в виде колонок, своего рода связных совокупностей, представляющих собой локальные нейронные сети, пронизывающие кору. В теории когнитивных систем используется такой показатель качества как «когнитивный фактор» (КФ) $КФ = \frac{M}{N^2} = \frac{N \ln N}{N^2} = \frac{\ln N}{N}$, который показывает, что связные совокупности (устойчивые структуры), складывающиеся в информационном пространстве, дают тем больший эффект, чем большее число элементов N они связывают. Принято считать, что чем меньше значение КФ, тем больше эффект, тем выше уровень интеллекта ИС. Оценивая уровень интеллекта как $УИ = 1/КФ$, для мозга $УИ = 1/27 \cdot 10^{-12} \approx 3.7 \cdot 10^{10}$.

Оценивая быстродействие, следует отметить, что по количественным характеристикам компьютер значительно превосходит мозг. Скорость распространения электрического

сигнала составляет примерно 10^8 м/с. Тактовая частота современных компьютеров $\approx 10^9$ Гц. Тем не менее, как уже отмечалось выше, работа мозга при решении интеллектуальных задач несравненно эффективнее компьютерных систем. Общепринятая точка зрения объясняет это параллельной работой множества «элементарных процессоров» и совершенной архитектурой системы, позволяющей эффективно «распараллеливать задачу». Поэтому предпринимаются попытки создания многопроцессорных комплексов, транспьютеров, клеточных автоматов, т.е. вычислительных машин с высокой степенью параллельности. Однако, как показала практика, создание параллельных алгоритмов, при использовании которых части вычислительной системы не мешают друг другу и не слишком долго ждут результатов от других частей, представляет весьма сложную задачу.

Что касается надежности ИС, то здесь принято различать надежность хранения информации и надежность распознавания образов. Результаты исследований памяти человека и животных показали, что в мозге отсутствует одна четко локализованная структура, отвечающая за хранение информации. В данном случае система хранения носит скорее всего распределенный характер и выход из строя части ее элементов не приводит к выходу из строя всей системы, прообразом которой может служить голограмма. В целом, прообразом мозга может служить «компьютер с исчезающими элементами». Как установлено, со временем мозг может терять до 30 – 40% своих клеток. В то же время это не обязательно приводит к заметному нарушению его деятельности. Показателем качества в этом случае может служить значение вероятности правильного распознавания (*BP*) в зависимости от доли исчезнувших элементов. Для мозга эта величина оценивается как $BP \approx 0{,}98$ при исчезновении ~50% нейронов. По сравнению с мозгом элементы компьютера являются весьма ненадежными структурами. Выход из строя любого из них может означать выход из строя всей системы.

Большие перспективы повышения показателей качества СК-ИС, наряду с нанотехнологиями, связаны с использованием методов биокибернетики. В этом направлении, в рамках проекта «Нейроанимат», на кафедре нейродинамики и нейробиологии Нижегородского университета им. Н.И. Лобачевского совместно с Институтом прикладной физики, Нижегородской мадакадемией и Университетом Лестера (Великобритания) созданы роботы, управляемые фрагментами (тонкими пластинками) живого мозга крысы, помещенными в питательную среду (сахарный сироп) с подачей кислорода. Созданная биокибернетическая ИС представляет собой живой нейропроцессор в виде тонкого слоя нервных клеток на дне стеклянной пробирки (упрощенный «мозг»), к которому подведено необходимое количество электродов. Электрические входные сигналы инициируют процесс обучения, т.е. ранее не заложенные реакции.

Выводы

Практически ни одно из реальных направлений построения ИС пока не обеспечивает создания систем, сравнимых с мозгом человека по рассмотренным показателям качества. Использование достижений наноиндустрии и биокибернетики в ИС нейрологического типа позволит в ближайшее время заметно приблизиться к показателям качества естественного интеллекта.

Литература

1. Анцыферов С.С. Метрологические основы формирования информационного пространства образов в интеллектуальных системах обработки / С.С. Анцыферов // Искусственный интеллект. – 2012. – № 4. – С. 283-291.

2. Анцыферов С.С. Вопросы метрологического обеспечения интеллектуальных систем / С.С. Анцыферов // Мир измерений. – № 5. – 2012. – С. 46-51.
3. Анцыферов С.С. Адаптивная обработка информации пространственно-временных изотропных полей / С.С. Анцыферов, Н.Н. Евтихиев // Оптический журнал. – 2006. – Т. 3, № 10. – С. 52-57.

Literatura

1. Antsyferov S.S. Iskusstvennyj intellect. 2012. № 4. – S. 283-291.
2. Antsyferov S.S. Mir izmereniy. 2012. № 5. – S. 46-51.
3. Antsyferov S.S., Evtihiev N.N. Opticheskiy zhurnal. 2006. T. 3, № 10. – S. 52-57.

RESUME

S.S. Antsyferov

Estimation of Quality Level of Intellectual Systems

Steady progress of technology of artificial intelligence and its gradual transition to an industrial basis in the conditions of roughly developing market relations and a competition aggravation in the world markets do an assessment of a level of quality of the intellectual systems (IS) actual a problem at all stages of life cycle: at design and designing, at production and in use. The level of quality of IS is the relative characteristic based on comparison of set of indicators of quality of IS with the corresponding set of basic indicators, IS characterizing some basic sample. As the basic we will use integrated indicators of quality of natural intelligence, such as intellectuality level, processing speed and reliability. Now more and more dominating there is a view of IS as on cognitive, i.e. constructed as nervous system of the person and possessing its opportunities in the organization of difficult behavior at the solution of intellectual tasks. It is necessary to allocate two main directions of creation of IS of cognitive type: symbolist and konnektivistsky. The first direction led to creation of cognitive logical systems, and the second – cognitive neural systems. Long-term researches show that IS of the symbolist plan can be realized only on the supercomputer or the specialized computers which are switching on PROLOG-or LISP computers. In process of the solution of key problems, in the subsequent the increasing attention began to be paid to the sphere of system programming, development of packages of applied programs, extension of appendices. As a result there was a huge industry of the software. The second direction is connected with creation of a new class massive-parallel neurocomputers, capable to solve problems without programming. The idea of binding of a large number of elements is put in a basis of this paradigm for creation of the associative networks allowing effectively to accumulate and use knowledge. Recently the tendency to merge of the symbolist and connective directions, i.e. to association of logical and neural cognitive paradigms and creation on this basis symbolist- connective IS (SC-IS). Actually it means the increasing transition to hardware realization of trainees of IS of neurological type. Prompt development of nanotechnologies will allow to make use, apparently, of the saved up experience, already found decisions and algorithms at a new technological level. Big prospects of increase of indicators of quality of SC-IS, along with nanotechnologies, are connected with use of methods of biological cybernetics. The live neurosystem, unlike purely logical, remembers once the arisen situations and, gradually accumulating information arriving in the course of functioning, self-organizes, self-improves. The main advantages of such neurosystems, in comparison with the programmed systems, are connected with almost infinite number of versions of the solution of the same task and ability to find new solutions of the most difficult and earlier unknown tasks. Practically any of the real directions of creation of IS yet doesn't provide creation of systems, comparable with a brain of the person on the considered indicators of quality. Use of achievements of a nanoindustry and biological cybernetics in IS of neurological type will allow to come nearer to indicators of quality of natural intelligence considerably soon.

Статья поступила в редакцию 18.04.2013.